

**Synchronisation system for local clocks with automation modules - performs synchronisation operation when difference between local unit and central unit is less than transmission and processing time of central unit**

Patent Number: DE4215380

Publication date: 1993-11-18

Inventor(s): GERDEMANN ULRICH DIPLOM (DE); SAUERWEIN REINHARD DIPLOM (DE); SCHOTT GERHARD DIPLOM (DE); TELTSCH ERWIN DIPLOM (DE)

Applicant(s): SIEMENS AG (DE)

Requested Patent:  DE4215380

Application Number: DE19924215380 19920511

Priority Number (s): DE19924215380 19920511

IPC Classification: G05B24/00; G08C17/00; G04C11/00

EC Classification: G04G7/00, G05B15/02, H04J3/06C1

Equivalents:

---

**Abstract**

---

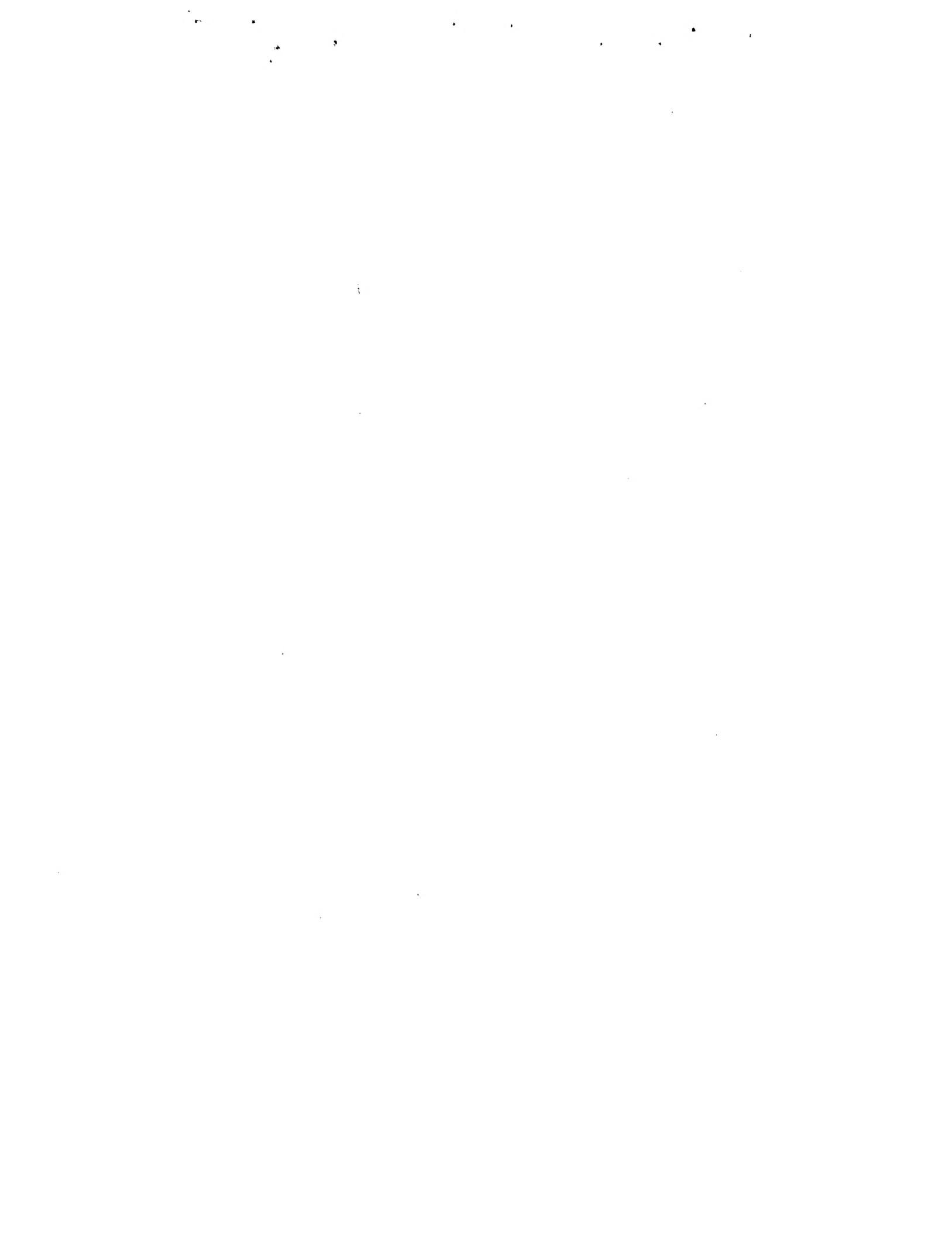
The synchronisation system includes a bus system (BL) which supports a number of automation modules (A1,A2,A3,B1,B2,B3,H). Some of the modules (A1-A3) are multiple processor modules that access a common memory. The other modules (B1,B2) are also multiple processors, with parallel and hierarchical structures. A further unit (H) is synchronised to the central unit (Z).

Drive units (D1,E1,C1,F1,D3,E3,E4) connect with the modules. Each of the modules has a local time generator that is to be synchronised with the central unit clock. The local time clock is synchronised using timing information generated by the main clock when the difference varies by a set amount.

USE/ADVANTAGE - Provides accurate synchronisation of local clock generators with central unit.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



OLP 4328



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

(10) DE 42 15 380 A 1

(51) Int. Cl. 5:

G 05 B 24/00

G 08 C 17/00

G 04 C 11/00

B

- (21) Aktenzeichen: P 42 15 380.8  
(22) Anmeldetag: 11. 5. 92  
(23) Offenlegungstag: 18. 11. 93

(71) Anmelder:

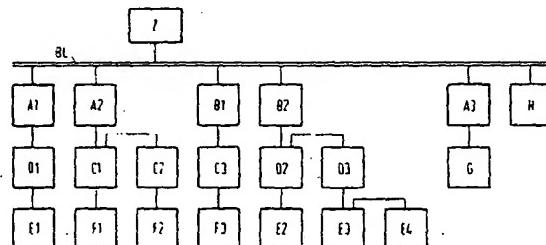
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

Gerdemann, Ulrich, Dipl.-Ing., 8521  
Langensendelbach, DE; Sauerwein, Reinhard,  
Dipl.-Ing., 8551 Hemhofen, DE; Schott, Gerhard,  
Dipl.-Ing., 8551 Hemhofen, DE; Teltsch, Erwin,  
Dipl.-Ing., 8524 Neunkirchen, DE

(54) Verfahren zum Synchronisieren von lokalen Zeitgebern eines Automatisierungssystems

(57) Automatisierungssysteme weisen häufig neben einem zentralen Zeitgeber mehrere lokale Zeitgeber auf, die übertragenen Informationen je eine Zeitinformation hinzufügen. Damit die Informationen des gesamten Automatisierungssystems zeitfolgerichtig protokolliert werden können, müssen die lokalen Zeitgeber auf die Zeit des zentralen Zeitgebers innerhalb einer vorgegebenen maximalen Abweichung eingestellt werden. Ein besonderes Problem spielen dabei die Verarbeitungs- und Übertragungszeiten der vom zentralen Zeitgeber zu den lokalen Zeitgebern übertragenen Zeitinformation. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird dieses Problem dadurch gelöst, daß die lokalen Zeitgeber mit einer Zeitinformation synchronisiert werden, die aus der Zeitinformation des zentralen Zeitgebers sowie einer den Übertragungs- und Verarbeitungszeiten entsprechenden Korrektur gebildet ist, wobei von der dem zentralen Zeitgeber zugehörigen Übertragungseinheit die Zeitinformation nur dann übertragen wird, wenn diese von der aktuellen Zeit um weniger als einen vorgegebenen Betrag abweicht. Die Erfindung wird angewandt bei Automatisierungssystemen mit lokalen Zeitgebern.



DE 42 15 380 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 09.93 308 046/58

9/49

DE 42 15 380 A 1

## Beschreibung

Aus der Zeitschrift Bull. SEV/VSE 65 (1974) 11, Seite 829 (A 439) ist ein modulares Fernwirksystem bekannt, in dem, ausgehend von einem zentralen Zeitgeber, eine gemeinsame Zeitbasis erzeugt wird, damit eine zeitfolgerichtige Protokollierung der Ereignisse in mehreren Außenstationen möglich ist. Die Übertragungszeiten von den Außenstellen zur Zentralstelle bleiben dann ohne Einfluß, da den übertragenen Informationen neben der Grundinformation auch die Information einer Feinzeit beigegeben wird.

Ferner ist in der älteren deutschen Patentanmeldung P 41 27 531.4 vorgeschlagen, die Automatisierungsgeräte eines Automatisierungssystems, die über ein Bussystem miteinander verbunden sind, mit individuellen Zeittaktgebern zu versehen, die über eine vom Bussystem unabhängige Übertragungsstrecke synchronisiert werden. Damit soll auch bei schnell aufeinanderfolgenden Vorgängen, eine genaue Verhaltenszuordnung zu den getroffenen Maßnahmen ermöglicht werden. Insbesondere sollen die nicht bevorrechtigt vom Bussystem übermittelten Größen, z. B. solche aus Trace-Puffern, eindeutig zeitlich einander zugeordnet werden können.

Das Einstellen der lokalen Zeitgeber von Automatisierungssystemen ist so lange kein Problem, wie die Abweichungen der lokalen Zeiten untereinander bzw. von einer Zentralzeit größer als die Verarbeitungs- und Übertragungszeiten der Zeitinformationen vom zentralen Zeitgeber zu den lokalen Zeitgebern sein dürfen. Laufen jedoch schnell aufeinanderfolgende Vorgänge ab, die zeitfolgerichtig einander zugeordnet werden müssen, z. B. indem sie zusammen mit der jeweiligen lokalen Zeit ihres Eintritts lokal abgespeichert und später zentral gesammelt werden, so müssen die lokalen Zeiten mit einer Genauigkeit von z. B. weniger als 2 ms angegeben werden, d. h. die lokalen Zeitgeber müssen mit einer Genauigkeit eingestellt werden, die mit einer üblichen Datenübertragung in einem Automatisierungssystem nicht eingehalten wird.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Synchronisieren der lokalen Zeitgeber von Automatisierungssystemen anzugeben, bei dem die Abweichungen der lokalen Zeitgeber vom zentralen Zeitgeber kleiner sind als die Übertragungs- und Verarbeitungszeit der zentralen Zeitinformation zwischen dem zentralen Zeitgeber und den lokalen Zeitgebern.

Erfnungsgemäß wird diese Aufgabe mit den im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Maßnahmen gelöst.

Unter "Synchronisieren" ist sowohl das Einstellen der lokalen Zeitgeber mit einer vom zentralen Zeitgeber ausgegebenen Zeit verstanden als auch die Vorgabe eines bestimmten Zeitpunktes durch eine Impulsflanke. Im ersten Fall besteht die Zeitinformation aus dem Stand des zentralen Zeitgebers, das sind im allgemeinen mehrere Bit, im zweiten Fall lediglich aus einem einzigen Impuls bzw. einer Impulsflanke. Nach dem Synchronisieren der lokalen Zeitgeber können diese durch Aufsummieren von lokal erzeugten Taktimpulsen, z. B. mit einer Frequenz von 1 kHz, selbständig weiterlaufen und damit den ihnen zugeordneten peripheren Einheiten eine Feinzeit bereitstellen, mit der Daten von aufgetretenen Vorgängen versehen werden können. Es können so die Daten aus dem gesamten Automatisierungssystem zeitfolgerichtig einander zugeordnet werden.

In Automatisierungssystemen werden unterschiedli-

che Verfahren der Datenübertragung eingesetzt. Die Daten können parallel oder seriell übertragen werden. Die einzelnen Automatisierungsgeräte können parallel an einen Bus angeschlossen sein; das System kann aber auch hierarchisch aufgebaut sein, so daß die zu übertragenden Zeitinformationen jeweils von einer Einheit einer höheren Hierarchieebene zu einer Einheit der nächstniederen Hierarchieebene weitergegeben werden, wobei die Verbindungen zwischen den Hierarchieebenen Bus- oder Sternleitungen sein können. Solche Übertragungssysteme weisen häufig eine Leitung, z. B. eine Interrupt-Leitung, auf, die alle Einheiten des Systems oder auch nur die zwischen aufeinanderfolgenden Hierarchieebenen verbindet, über welche mit einer Impulsflanke die übermittelten Daten für gültig erklärt werden können. Hierzu gehören Systeme, die nach dem sogenannten Hand-Shake-Verfahren arbeiten.

Auch die Übertragungsarten können unterschiedlich sein. So können z. B. die Daten nach dem sogenannten CSMA/CD- oder Ethernet-Verfahren übertragen werden, bei dem die Teilnehmer, die Daten zu übertragen haben, eine Sendeanforderung stellen, unabhängig von den Sendeanforderungen von anderen Teilnehmern. Im Falle einer Kollision werden nach einem stochastischen Verfahren den sendenden Teilnehmern Wartezeiten zugeordnet. Bei der ersten Sendeanforderung wissen die Teilnehmer daher nicht, wann sie ihre Information absenden können.

Ein anderes in Automatisierungssystemen verwendetes Verfahren ist das sogenannte Token-Passing-Verfahren, bei dem die Berechtigung (Token), über das Übertragungsmedium, im allgemeinen ein Bussystem, zu verfügen, von Teilnehmer zu Teilnehmer weitergegeben wird. Auch bei diesem Verfahren wissen die Teilnehmer nicht im voraus, wann sie die Berechtigung erhalten, da die Umlaufzeit der Berechtigung abhängig ist von der Anzahl und der Größe der übermittelten Informationen.

Im Vergleich zu den genannten Verfahren ist ein weiteres Verfahren verhältnismäßig einfach, bei dem ein einziger Teilnehmer stets die Datenübertragung steuert. Trotzdem kennt die steuernde Station nicht im voraus den Zeitpunkt, zu dem eine Information abgesandt werden kann, da spontane Meldungen auftreten können, die mit höherer Priorität bearbeitet werden müssen.

Gemäß einer Weiterbildung der vorliegenden Erfindung kann in den Fällen, in denen das Absenden der zentralen Zeitinformation über eine einen vorgegebenen Betrag überschreitende Dauer verzögert wird, das Absenden der bereitgestellten Zeitinformation unterbunden und ein neuer Sendeaufrag mit einer aktualisierten Zeitinformation gestellt werden. Vorhersehbare, konstante Verzögerungen können demgegenüber durch eine konstante additive Größe in der übertragenen Zeitinformation berücksichtigt werden. Entsprechendes gilt für die Laufzeit der Zeitinformation auf den Übertragungswegen. Diese sind im allgemeinen weitgehend konstant und können, nachdem sie einmal gemessen wurden, ebenfalls additiv sender- oder empfängerseitig berücksichtigt werden. Eine Korrektur auf der Empfängerseite hat den Vorteil, daß die Unterschiede der Laufzeiten zu den einzelnen Empfängern berücksichtigt werden. Die Dauer der Verarbeitung der Zeitinformationen in den Empfängern vom Empfang bis zum Synchronisieren der lokalen Zeitgeber kann ebenfalls nach einer einmaligen Messung mit einer konstanten additiven Größe ausgeglichen werden. Es kann aber auch vorteilhaft sein, Empfänger einzusetzen, mit denen bei

jedem Empfang einer Zeitinformation deren Verarbeitungsdauer gemessen und für die Synchronisation berücksichtigt wird.

Umfangreiche Automatisierungssysteme weisen neben einem überlagerten Datenübertragungssystem, an das eine Zentrale mit dem zentralen Zeitgeber und mehrere Teilnehmer angeschlossen sind, Teilsysteme auf, die über je eine Koppeleinheit mit dem überlagerten System verbunden sind. Die Teilsysteme können weitere Teilnehmer und Koppeleinheiten enthalten, an die weitere Teilsysteme angeschlossen sind. Die zentralen Zeitinformationen werden in einem solchen System über die Koppeleinheiten und Teilsysteme zu allen Einheiten mit lokalen Zeitgebern weitergeleitet, wobei die Übertragungs- und Verarbeitungszeiten mit den oben beschriebenen Maßnahmen berücksichtigt werden müssen, so daß letztlich alle Zeitgeber innerhalb vorgegebener Grenzen auf die Zeit des zentralen Zeitgebers eingestellt sind.

Anhand der Zeichnung, in der ein Automatisierungssystem schematisch dargestellt ist, werden im folgenden die Erfindung sowie weitere Ausgestaltungen und Ergänzungen näher beschrieben und erläutert.

An einen Bus BL sind mehrere Automatisierungseinheiten A1, A2, A3; B1, B2, H angeschlossen. Die Automatisierungseinheiten A1, A2, A3 bestehen im Ausführungsbeispiel aus mehreren Verarbeitungsprozessoren, die alle auf einen gemeinsamen Speicher zugreifen können. Die Automatisierungseinheiten B1, B2 bestehen ebenfalls aus mehreren Verarbeitungsprozessoren, die jedoch parallel und hierarchisch, im Bedarfsfalle über mehrere Hierarchieebenen, baum- oder netzartig verteilt sind. Diese Prozessoren greifen nicht alle auf einen gemeinsamen Speicher zu. An den Bus BL können weitere Geräte, z. B. das Gerät H, angeschlossen sein, die nicht weiter betrachtet werden müssen, da sie keinen lokalen Zeitgeber enthalten, der mit besonderer Genauigkeit mit einem in der Zentralen Z enthaltenen zentralen Zeitgeber synchronisiert werden muß.

An die Automatisierungseinheiten A1, B1 sind Antriebe D1, E1; C1, F1; D3, E3, E4; G angeschlossen. Die Kopplung kann seriell über Punkt zu Punkt- oder Busleitungen oder über Parallelbusse erfolgen.

Die Antriebe C1, F1; C2, F2; C3, F3 bestehen jeweils aus einem Antriebssteuer- und -regelgerät F1, F2, F3 sowie einer Technologieeinheit C1, C2, C3, in der funktionsspezifische Zusatzfunktionen realisiert sind. In den Geräten F1, F2, F3 sind Grundfunktionen, wie Strom- und Drehzahlregelung bei Gleichstromantrieben, Frequenzregelung bei Drehstromantrieben, ein Einschaltsteuerwerk oder weitere parametrierbare Regler realisiert. In den Technologieeinheiten C1, C2, C3 sind die für den Betrieb als technologische Einheit erforderlichen Ergänzungen, wie Betriebsartensteuerung, Handfunktionen, Überwachung und Ansteuerung von Bremse oder Kupplung, Lastausgleichsregler oder Mehrmotorbetriebssteuerung, programmiert.

Die Technologieeinheiten C1, C2, C3 können so programmiert werden, daß auch bei unterschiedlichen Geräten F1, F2, F3 gleiche Systemeigenschaften für die Gesamteinheiten C1, C2 bzw. C2, F2 bzw. C3, F3 erreicht werden.

Die Antriebe D1, E1; D2, E2; D3, E3, E4 bestehen jeweils aus einem oder mehreren Antriebssteuer- und -regelgeräten E1, E2, E3, E4 und einer Technologieeinheit D1, D2, D3, in der ähnlich wie in den Technologieeinheiten Ci funktionsspezifische Zusatzfunktionen realisiert sind. Entsprechend sind in den Geräten D1, D2,

D3 für den Betrieb als technologische Einheit erforderliche Ergänzungen programmiert. Der Unterschied der Antriebe Di, Ei zu den Antrieben Ci, Fi liegt darin, daß durch die Verwendung eines einzigen Gerätes, z. B. des Gerätes D3, für mehrere Geräte, z. B. E3, E4, eine Antriebsgruppe der Automatisierungseinheit B2 gegenüber wie ein Einzelantrieb in Erscheinung tritt.

Ein Antrieb G besteht aus mehreren Verarbeitungsprozessoren, die verteilte Aufgaben, wie z. B. Stromregelung, Drehzahlregelung, Transvektorregelung, Haspelberechnung, Einschaltsteuerwerk, Datenerfassung, ausführen.

In allen Einheiten und Geräten A1, A2 ... G soll eine lokale Zeit bereitgestellt werden, die durch Aufsynchrosieren auf eine vorgegebene Zeitbasis, zweckmäßig die Zeit eines zentralen Zeitgebers, gebildet ist. Die lokalen Zeitgeber sollen auf einen vorgegebenen Zeitakt, wiederum zweckmäßig den des zentralen Zeitgebers, nachsynchronisiert werden können. Zwischen dem Einstellen der lokalen Zeitgeber bzw. dem Nachsynchronisieren sollen die Zeitgeber unabhängig arbeiten, so daß sie eine hochaufgelöste Zeitinformation für die Datenverarbeitung bereitstellen können. Diese Anforderungen sollen für das Gesamtsystem mit seinen verteilten Komponenten, die zum Teil nur über serielle Koppelstrecken, in anderen Fällen über mehrere Hierarchieebenen, durch Parallelbusse miteinander verbunden sind, gelten, unabhängig von Größe und Topologie des Systems. Die Anforderungen an den Gleichlauf aller lokalen Zeitgeber und damit an die Auflösung der Feinzeit sind z. B. 2 ms.

Die Zeitinformationen können vom zentralen Zeitgeber zu den lokalen Zeitgebern mit den in Automatisierungssystemen gebräuchlichen Übertragungsverfahren übertragen werden. So ist z. B. eine serielle Übertragung möglich, bei der das Telegramm gleichzeitig zur Synchronisierung der lokalen Zeitgeber dient. Eine parallele Übertragung der Zeitinformation kann dadurch erfolgen, daß zunächst eine Zeitinformation übertragen wird, die auf einen späteren Synchronisierzeitpunkt bezogen ist, und daß dann zu diesem Zeitpunkt die Synchronisierung über eine spezielle Leitung praktisch verzugsfrei erfolgt. Entsprechend kann die Zeitinformation auch seriell übertragen werden, wobei die Zeitinformation wiederum auf einen späteren Synchronisierzeitpunkt bezogen ist, zu dem Synchronisierimpulse über eine spezielle Leitung, die zu den einzelnen Geräten verlegt ist, übertragen wird. Der Synchronisierimpuls kann auch leitungslos, z. B. über eine Infrarotstrecke, übertragen werden.

Entscheidend ist, daß Übertragungsprinzipien und die Kombination der Übertragungskomponenten so gewählt sind, daß die Ungenauigkeit der Synchronisation der lokalen Zeitgeber kleiner als ein vorgegebener Betrag, z. B. 2 ms, ist.

Die an die Busleitung BL angeschlossenen Einheiten Z, Ai, Bi sollen im Ausführungsbeispiel nach dem sogenannten Ethernet-Übertragungsverfahren arbeiten, das ein stochastisches Verhalten zeigt, bei dem der Zugriff zum Bus durch andere laufende Übertragungen gesperrt sein kann. Der zentrale Zeitgeber in der Einheit Z übergibt entsprechend der eingestellten Zeitbasis von z. B. 60 s ein Telegramm mit der aktuellen Zeitinformation an die zugehörige Übertragungssteuerung. Diese versucht nun, die Zeitinformation über den Bus mittels eines sogenannten Broadcast-Telegramms an alle anderen an den Bus angeschlossenen Einheiten zu senden. Der Ethernet-Bus kann jedoch wegen anderer laufender

Übertragungen gesperrt sein, so daß die Information so lange in der Übertragungssteuerung zurückgehalten wird, daß die Abweichung von der Echtzeit größer als der zulässige Betrag von z. B. 2 ms wird. Nach einer definierten Zeit von z. B. 1 ms wird daher ein nicht ausgeführter Sendeaufruf wieder zurückgezogen und gleichzeitig ein neuer Sendeaufruf erteilt, in dessen Telegramm die Zeit aktualisiert ist. Damit wird erreicht, daß die Zeitinformation zu dem Zeitpunkt, zu dem sie physikalisch auf dem Bus als Pegel gemessen werden könnte, nicht älter als 1 ms ist.

Damit eine maximale Ungenauigkeit von 2 ms nicht überschritten wird, müssen in den Empfängern besondere Maßnahmen getroffen werden. In den Automatisierungseinheiten A1, A2, A3 bestehen diese darin, daß diese eine Busanschaltung enthalten, die speziell auf das Broadcast-Telegramm des zentralen Zeitgebers eingestellt ist und die alle anderen Telegramme verwirft, die als Broadcast- oder Einzeltelegramm einlaufen. Für die Kommunikation von Prozeßdaten ist in den Automatisierungseinheiten A1, A2, A3 eine zweite Busanschaltung parallel angeschlossen. Mit einer solchen speziellen Busanschaltung wird erreicht, daß die Zeitinformation zu dem Zeitpunkt, zu dem sie übertragen wird, ohne weitere Wartezeit ausgewertet wird. Die Auswertung beinhaltet dabei eine Korrektur um die einmalig ermittelte Laufzeit der Auswertung, so daß für die weitere Verarbeitung eine wiederum aktuelle Uhrzeit zur Verfügung steht. Nach der Auswertung wird ein lokaler Zeitgeber auf die ermittelte Zeitinformation gestellt. Diese Uhrzeit wird dann zyklisch hoch aufgelöst in einem definierten Speicherbereich bereitgestellt. Durch Zugriff auf diesen Speicher kann jederzeit die aktuelle Zeit aus dem lokalen Zeitgeber gelesen werden. Dies gilt für alle auf diesen Speicher zugreifenden Prozessoren.

Während in den Automatisierungseinheiten A1, A2, A3 für den Empfang der Zeitinformation ein besonderer Empfänger vorhanden ist, enthalten die Einheiten B1, B2 jeweils nur eine einzige Anschaltung, die alle Telegramme, also sowohl die mit Prozeßdaten als auch die mit der Zeitinformation, empfängt. Diese Anschaltung ist so ausgebildet, daß die Verzugszeit zwischen dem Eintreffen eines Interrupts und dessen Verarbeitung gemessen werden kann. Diese gemessene Zeit wird für die Korrektur der Zeitinformation ausgenutzt. Nach Empfang des Telegramms wird dieses in einen Abarbeitungspuffer eingetragen und ein Interrupt an das Auswerteprogramm gegeben. Die Busanschaltung kann jedoch noch mit der Auswertung anderer Telegramme beschäftigt sein, so daß die Auswertung des Zeittelegramms erst mit Verzögerung gestartet wird. Im Auswerteprogramm wird nun die seit dem Interrupt abgelaufene Zeit gelesen und die empfangene Zeit um diese variable Totzeit korrigiert. Mit einer weiteren Korrektur wird die konstante Verarbeitungszeit des Auswertungsprogramms kompensiert.

Nach der Auswertung der Zeitinformation wird ein auf der Anschaltung geführter lokaler Zeitgeber auf die ermittelte korrigierte Zeitinformation gestellt. Diese Zeit dient dann als Zeitbasis für das Stellen der Zeitgeber in den anderen Prozessoren. Anders als bei den Automatisierungseinheiten A1, A2, A3 wird die lokale Zeit also nicht allen Prozessoren zum Auslesen zur Verfügung gestellt. Dies ist nicht möglich, da das System über Hierarchieebenen verzweigt ist, so daß nicht alle Prozessoren auf eine derartige Information zugreifen können. Innerhalb der Systeme mit den Einheiten B1, B2

können die Prozessoren über mehrere Baugruppenträger verteilt sein. Jeweils ein Prozessor eines Systems ist mit dem nächsten Baugruppenträger verbunden. Da jeder Prozessor mehrere Baugruppenträger anschalten kann und die Schachtelungstiefe groß, ja sogar unbegrenzt sein kann, entsteht ein System mit Baumstruktur. In einem solchen Teilsystem wird die Anschaltung an den Bus BL, welche die Zeitinformation vom Bus BL empfängt, als lokaler Master-Zeitgeber in der höchsten Ebene eingesetzt. Er kann auf alle Prozessoren der nächstniederen Ebene zugreifen. Jeder Prozessor dieser Ebene wiederum kann auf die Prozessoren zugreifen, die in eigenen Subsystemen enthalten sind. Jeder dieser Prozessoren wiederum hat Zugriff auf alle Prozessoren der folgenden Ebene usf. Die Verbindungen innerhalb einer Ebene sowie von einem Prozessor zu den Prozessoren eines Subsystems sind vorteilhaft als Parallelbusse realisiert, die neben den Adreß- und Datenleitungen auch Interrupt-Leitungen enthalten, von denen eine durch das gesamte System geschleift ist; über die Synchronisierimpulse für die lokalen Zeitgeber übertragen werden.

Die lokalen Zeitgeber werden dadurch eingestellt, daß zunächst der in den Einheiten B1, B2 enthaltene Zeitgeber die Zeitinformation für den nächsten Synchronizerzeitpunkt an alle anderen Prozessoren mit Zeitgebern sendet. Dies geschieht mit einem Vorlauf, da die Übertragung der Zeitinformation Verzögerungen unterworfen sein kann, z. B. wenn das Übertragungsverfahren ein stochastisches Verhalten hat. Der Vorlauf sollte aber kleiner als der Zyklus der Synchronisation durch den zentralen Zeitgeber sein, damit auch die Versorgung der Antriebseinheiten C3, F3; D2, E2; ... bis zum nächsten Synchronizerzeitpunkt erfolgen kann. Zu dem Zeitpunkt, welcher der übertragenen Zeitinformation an die Prozessoren entspricht, senden die Einheiten B1, B2 über die durchgeschleifte Interrupt-Leitung einen Synchronisierimpuls. Da diese Leitung hardwaremäßig alle Prozessoren erreicht und auf einer sehr hohen Interrupt-Ebene liegt, wird die Synchronisierung aller lokalen Zeitgeber ohne weitere Zeitverzögerung zeitgleich vorgenommen. Die lokalen Zeitgeber in den niedrigeren Hierarchieebenen des Systems werden im gleichen Zeitraster wie die lokalen Zeitgeber in den an die Busleitung BL angeschlossenen Automatisierungseinheiten B1, B2 synchronisiert.

Es gibt Antriebssteuer- und -regelgeräte, z. B. die in der Figur mit F1, F2, F3 bezeichneten, die nicht direkt synchronisiert werden können. Diesen Geräten sind daher die Technologieeinheiten C1, C2, C3 vorgeschaltet, welche, da sie frei projektierbar sind, die Synchronisierung der nachgeschalteten Geräte übernehmen. Von den Automatisierungseinheiten A2, B1 wird dazu über eine z. B. serielle Schnittstelle für Sollwerte, Kommandos, Istwerte, Statusinformationen und Parameter ein Telegramm an alle angeschlossenen Technologieeinheiten gesendet, das die Zeitinformation für den nächsten Synchronizerzeitpunkt enthält. Die Synchronisation selbst erfolgt dann über ein Interrupt-Signal, das den Technologieeinheiten C1, C2, C3 separat zugeführt wird. Dieses Signal wird dem zentralen Zeitgeber entnommen, der dazu eine Hardware-Auskopplung aufweist. Das Signal wird über stern- oder schleifenförmige Verdrahtung oder auch eine leitungslose Übertragung, z. B. Infraroststrecken, den Technologieeinheiten zugeführt.

Das Einstellen der lokalen Zeitgeber der Technologieeinheiten erfolgt im gleichen Zeitraster wie das

Nachführen der lokalen Zeitgeber in den Automatisierungseinheiten A2, B1 durch den zentralen Zeitgeber. Während die Automatisierungseinheiten mit dem ersten Synchronisiertelegramm des zentralen Zeitgebers gestellt werden, ist dies bei den Zeitgebern der Technologieeinheiten erst mit der zweiten Synchronisation durch den zentralen Zeitgeber möglich. Dies liegt an dem Verfahren, bei dem zunächst die Automatisierungseinheiten synchronisiert werden, die dann den Technologieeinheiten der Antriebe die Stellinformation für den nächsten Synchronisierzeitpunkt übergeben.

Die synchronisierten Zeitgeber ermöglichen, Daten, insbesondere Prozeßdaten, mit einer Feinzeit zu versetzen und in sogenannten Trace-Puffern zu hinterlegen. Auf Anforderung, z. B. ereignisgesteuert nach einem Fehlerfall oder bei Auftreten bestimmter Prozeßbedingungen, aber auch zyklisch können die Inhalte aus den verschiedenen Trace-Puffern zu einer zentralen Einheit übertragen und dort gesammelt werden. Wegen der genauen Synchronisierung der Zeitgeber können die Daten entsprechend dem Zeitpunkt ihrer Erfassung miteinander korreliert werden und wegen der genauen Synchronisierung der lokalen Taktgeber auch dann, wenn die Daten kurz nacheinander, z. B. in einem Abstand von 2 ms, erfaßt wurden.

Aufgrund der genauen Uhrzeit können auch Aufträge zwischen Einheiten eines Automatisierungssystems transferiert werden, welche die Information darüber enthalten, zu welchem Zeitpunkt Daten verarbeitet oder bestimmte Maßnahmen durchgeführt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Synchronisieren von lokalen Zeitgebern eines Automatisierungssystems mit einer Zeitinformation aus einem zentralen Zeitgeber, dadurch gekennzeichnet, daß die lokalen Zeitgeber mit einer Zeitinformation synchronisiert werden, die aus der Zeitinformation des zentralen Zeitgebers sowie einer der Übertragungs- und Verarbeitungszeit entsprechenden Korrektur gebildet ist, wobei von der dem zentralen Zeitgeber zugehörigen Übertragungseinheit die Zeitinformation nur dann übertragen wird, wenn diese von der aktuellen Zeit um weniger als einen vorgegebenen Betrag abweicht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle eines Datenübertragungsverfahrens, bei dem der einen Sendauftrag stellenden Einheit bei der Bildung des Sendetelegramms der Zeitpunkt der Übertragung nicht bekannt ist, ein Sendauftrag mit der aktuellen Zeit des zentralen Zeitgebers als zu übertragende Zeitinformation gestellt wird und daß der Sendauftrag, wenn dieser innerhalb der kleinsten zugelassenen Zeittaktabweichung nicht ausgeführt wird, zurückgenommen und ein neuer Sendauftrag mit einer neuen aktuellen Zeit gestellt wird, bis ein Sendauftrag innerhalb der kleinsten zugelassenen Zeittabreichung ausgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitinformationen nach einem Verfahren übertragen werden, bei dem mehrere Einheiten gleichberechtigten Zugriff zum Übertragungsmedium haben und im Kollisionsfalle den einen Sendauftrag stellenden Einheiten die Sendeberechtigungen zeitlich nacheinander, vorzugsweise nach einem stochastischen Verfahren, zuge-

teilt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zentrale Zeitinformation von einem gesonderten Empfänger empfangen und verarbeitet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Übertragungs- und Verarbeitungszeit der Zeitinformation einmalig gemessen und zur empfangenen Zeitinformation addiert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verarbeitungszeit jeder eintreffenden Zeitinformation gemessen und zur empfangenen Zeitinformation addiert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitinformation und ein zugehöriges Interrupt-Signal Übertragen werden und daß die Zeit zwischen dem Eintreffen des Interrupt-Signals und der Verarbeitung der Zeitinformation gemessen und zur empfangenen Zeitinformation addiert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitinformation mit einem Vorlauf übertragen wird und, wenn die aktuelle Zeit gleich der Zeitinformation mit Vorlauf ist, ein Synchronisierimpuls übertragen wird.

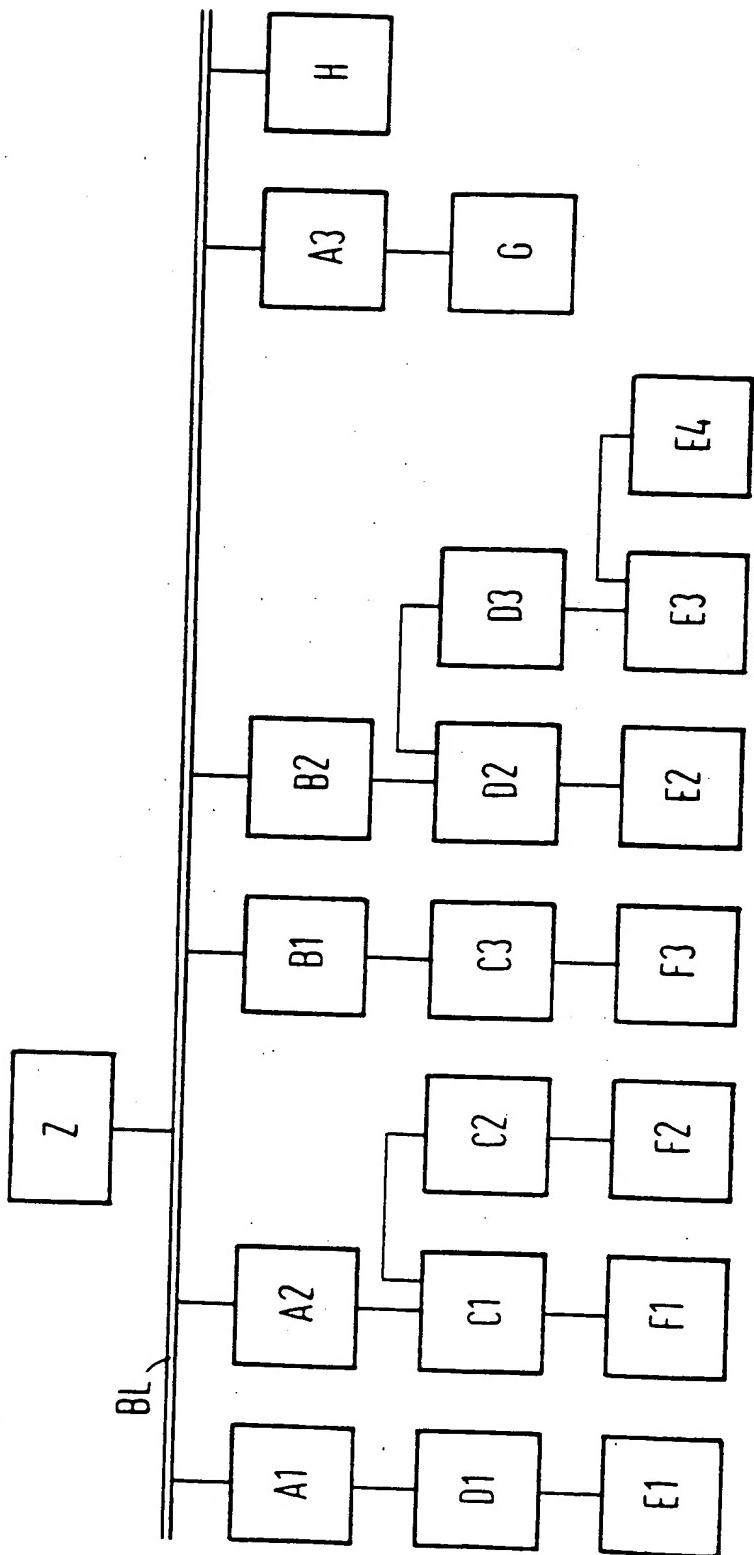
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Synchronisierimpuls über eine gesonderte Leitung übertragen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Synchronisierimpuls leistungsfrei, vorzugsweise über eine Infrarotstrecke, übertragen wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Nummer:  
Int. Cl.<sup>5</sup>:  
Offenlegungstag:

DE 42 15 380 A1  
G 05 B 24/00  
18. November 1993



B4

AN: PAT 1993-369543

TI: Synchronisation system for local clocks with automation modules performs synchronisation operation when difference between local unit and central unit is less than transmission and processing time of central unit

PN: DE4215380-A1

PD: 18.11.1993

AB: The synchronisation system includes a bus system (BL) which supports a number of automation modules (A1,A2,A3,B1,B2,B3,H). Some of the modules (A1-A3) are multiple processor modules that access a common memory. The other modules (B1,B2) are also multiple processors, with parallel and hierarchical structures. A further unit (H) is synchronised to the central unit (Z). Drive units (D1,E1,C1,F1,D3,E3,E4) connect with the modules. Each of the modules has a local time generator that is to be synchronised with the central unit clock. The local time clock is synchronised using timing information generated by the main clock when the difference varies by a set amount.; Provides accurate synchronisation of local clock generators with central unit.

PA: (SIEI ) SIEMENS AG;

IN: GERDEMANN U; SAUERWEIN R; SCHOTT G; TELTSCH E;

FA: DE4215380-A1 18.11.1993;

CO: DE;

IC: G04C-011/00; G05B-024/00; G08C-017/00;

MC: S04-B06; T06-A20; W01-A04; W05-D02;

DC: S04; T06; W01; W05;

FN: 1993369543.gif

PR: DE4215380 11.05.1992;

FP: 18.11.1993

UP: 18.11.1993

